



"Method and Apparatus
for Structuring Printed
Circuit Boards."
10/079,896

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 27 357.6

Anmeldetag: 6. Juni 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Dematic AG, Nürnberg/DE

Bezeichnung: Verfahren und Einrichtung zur Strukturierung
von Leiterplatten

IPC: H 05 K 3/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. März 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Walldorf

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zur Strukturierung von Leiterplatten

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Strukturierung von Leiterplatten mit groben Leiterstrukturen und mit mindestens einem Bereich mit feinen Leiterstrukturen, wobei auf ein elektrisch isolierendes Substrat eine Metallschicht aufgebracht und aus dieser Metallschicht durch partielles Ätzen die gewünschte Leiterstruktur freigelegt wird.

15

Aus der EP 0 062 300 A2 ist bereits ein Verfahren zur Herstellung von Leiterplatten bekannt, bei welchem ein ganzflächig auf eine Metallschicht aufgebrachtes metallisches Ätzresist mittels Laserstrahlung selektiv in den nicht den Leiterstrukturen entsprechenden Bereichen wieder entfernt wird und danach die Leiterstrukturen durch Abätzen der derart freigelegten Metallschicht gebildet werden.

25

Aus der DE 41 31 065 A1 ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von Leiterplatten bekannt, bei welchem auf ein Substrat nacheinander eine Metallschicht und eine metallische oder organische Ätzresistschicht aufgebracht werden, worauf diese Ätzresistschicht mittels Laserstrahlung in den unmittelbar an das spätere Leiterbahnmuster angrenzenden Bereichen entfernt und die dadurch freigelegte Metallschicht derart weggeätzt wird, daß das Leiterbahnmuster und durch Ätzgräben elektrisch davon isolierte Inselbereiche der Metallschicht auf dem Substrat verbleiben. Die Strukturierung mittels Laserstrahlung kann rasch vorgenommen werden, da die zu entfernenden Bereiche der Ätzresistschicht nur eine geringe Breite aufweisen müssen und die größeren Flächen zwischen zwei Leiterbahnen stehen bleiben.

35

In der WO 00/04750 A1 ist ferner ein Verfahren zur Herstellung von groben Leiterstrukturen und feinen Leiterstrukturen beschrieben, bei dem im Bereich der groben Leiterstrukturen ein Ätzresist mittels Fotolithografie strukturiert wird, während im Bereich der feinen Leiterstrukturen ein Ätzresist mit Hilfe eines Laserstrahls strukturiert wird. Die derart auf verschiedene Weise strukturierten Ätzresistschichten werden dann in bekannter Weise geätzt. Zwar ist dort die Möglichkeit angesprochen, für die verschiedenen Strukturierungsverfahren mit dem gleichen Ätzresist zu arbeiten und sowohl die groben als auch die feinen Leiterstrukturen in einem Arbeitsgang zu ätzen, doch ergibt sich dabei kein optimaler Arbeitsablauf, da das gewöhnlich für die Laserstrukturierung verwendete metallische Ätzresist (zum Beispiel Zinn) für das Fotolithografieverfahren weniger gut geeignet ist.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Einrichtung anzugeben, womit Leiterplatten mit groben und feinen Leiterstrukturen in möglichst einfacher und wirtschaftlicher Weise strukturiert werden können. Erfindungsgemäß wird dieses Ziel mit folgenden Verfahrensschritten erreicht:

- a) auf ein elektrisch isolierendes Substrat wird eine Metallschicht aufgebracht,
- b) auf die Metallschicht wird eine Ätzresistschicht aufgetragen,
- c) durch partielles Abtragen der Ätzresistschicht (61) mit einem ersten Laserstrahl (14) einer vorgegebenen ersten Wellenlänge und einer durch eine erste Abbildungseinheit (13) vorgegebenen ersten Bearbeitungs-Feldgröße (3) werden die Konturen (62) der vorgesehenen groben Leiterstrukturen (31) freigelegt,
- d) durch partielles Abtragen der Ätzresistschicht (61) mit einem zweiten Laserstrahl (24) einer vorgegebenen zweiten Wellenlänge und einer durch eine zweite Abbildungseinheit (23) vorgegebenen zweiten Bearbeitungs-Feldgröße (4) wer-

den die Konturen(63) der feinen Leiterstrukturen freigelegt, wobei die zweite Wellenlänge kleiner ist als die erste Wellenlänge und/oder die zweite Feldgröße (4) kleiner ist als die erste Feldgröße (3),

- 5 e) durch Ätzen der freigelegten Metallbereiche (62,67) werden die groben und die feinen Leiterstrukturen (31,41) gleichzeitig erzeugt und
- f) durch Abtragen der restlichen Ätzresistschicht werden die Oberflächen der Leiterstrukturen freigelegt.

10

Bei der Erfindung geht es also darum, sowohl grobe als auch feine Leiterstrukturen mit gleichen Verfahrensschritten, nämlich durch Strukturierung einer Ätzresistschicht und anschließendes Ätzen zu erzeugen, jedoch durch die Wahl unterschiedlicher Laser den unterschiedlichen Leiterstrukturen und entsprechend unterschiedlichen Isolierabständen Rechnung zu tragen und dabei für die jeweilige Struktur die optimale Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erzielen. Dabei macht sich die Erfindung die Erkenntnis zunutze, daß ein Laserstrahl mit geringer Wellenlänge und kurzer Brennweite in einem kleinen Bearbeitungsfeld feine Strukturen genau erzeugen kann, aber für die Bearbeitung breiterer Strukturen und größerer Felder für eine wirtschaftliche Arbeitsweise zu langsam ist, während ein Laserstrahl mit langer Wellenlänge und einer Einstellung auf große Brennweite breitere Strukturen in einem großen Bearbeitungsfeld mit erheblich größerer Geschwindigkeit bearbeiten kann. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß für die Bearbeitung der groben Leiterstrukturen der erste Laser eine Wellenlänge zwischen 1064 nm und 355 nm, vorzugsweise 1064 nm, und der zweite Laser eine Wellenlänge zwischen 532 und 266 nm, vorzugsweise 532 oder 355 nm, aufweist, wobei die Wellenlänge des ersten Lasers in jedem Fall größer als die des zweiten Lasers ist. Weiterhin ist in der bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß der Strahl des ersten Lasers über eine größere Brennweite fokussiert wird als

der Strahl des zweiten Lasers, wodurch der erste Laser eine größere Bearbeitungsfläche überstreicht als der zweite.

5 Eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Strukturierung von Leiterplatten mit groben Leiterstrukturen und mit mindestens einem Bereich mit feinen Leiterstrukturen weist folgende Merkmale auf:

- a) eine Aufnahme zur Positionierung einer Leiterplatte,
- b) einen ersten Laser mit einer Ablenkoptik und einer Abbildungseinheit mit einer ersten Brennweite, die über der
10 Leiterplattenoberfläche derart positionierbar ist, daß sie eine erste Bearbeitungsfeldgröße zu bestrahlen vermag,
- c) einen zweiten Laser mit einer Ablenkoptik und einer Abbildungseinheit mit einer zweiten Brennweite, die eine zweite
15 Bearbeitungsfeldgröße zu bestrahlen vermag, wobei der zweite Laser eine größere Wellenlänge als der erste Laser aufweist und/oder die zweite Brennweite sowie die zweite Feldgröße kleiner sind als die erste Brennweite und die erste Feldgröße, und
- 20 d) eine Steuerungseinrichtung, um mit dem ersten Laser jeweils große Felder der Leiterplatte mit groben Leiterstrukturen und mit dem zweiten Laser kleinere Felder der Leiterplatte mit feineren Leiterstrukturen zu bestrahlen.

25 Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Figur 1 die schematische Anordnung von zwei Lasern für das
30 erfindungsgemäße Verfahren,

Figur 2 eine Draufsicht auf eine schematisch dargestellte Leiterplatte mit groben und feinen Leiterstrukturen,

Figur 3 bis 6 einen Ausschnitt aus einer Leiterplatte - in Schnittdarstellung - in den einzelnen Verfahrensstadien bei
35 der erfindungsgemäßen Herstellung der groben und feinen Leiterstrukturen,

Figur 7 eine Draufsicht auf die Leiterbahnstruktur gemäß Figur 6,

Figur 8 ein Diagramm zur Darstellung der mit verschiedenen Lasern in Abhängigkeit von verschiedenen Schichtdicken und verschiedenen Feldgrößen erreichbaren Isolationsgräben zwischen den Leiterstrukturen sowie der erreichbaren Bearbeitungsgeschwindigkeiten.

In Figur 1 ist schematisch eine Anordnung gezeigt, wie sie für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Über einer Leiterplatte 1, die in einer Bearbeitungsfläche auf einem in seiner Ebene in x- und y-Richtung verfahrenbaren Tisch 10 liegt, sind zwei Laser, nämlich ein erster Laser 11 und ein zweiter Laser 21 angeordnet. Der erste Laser 11 erzeugt über eine Ablenkoptik 12 und eine Linsenanordnung 13 einen ersten Laserstrahl 14, der auf die Fläche der Leiterplatte 1 fokussiert ist und aufgrund einer relativ großen ersten Brennweite ein erstes, relativ großes Bearbeitungsfeld 3 überstreichen kann. Der zweite Laser 21 erzeugt über seine Ablenkoptik 22 und die Linsenanordnung 23 einen zweiten Laserstrahl 24, der aufgrund der geringeren Brennweite 25 ein kleineres Bearbeitungsfeld 4 zu überstreichen vermag. Beide Laser 11 und 21 weisen eine unterschiedliche Wellenlänge auf. Beispielsweise ist der Laser 11 ein Neodymium-YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1024 nm, während der Laser 21 ein Neodymium-Vanadat-Laser mit einer Wellenlänge von 532 oder 355 nm sein kann. Sowohl die beiden Laser 11 und 21 als auch der Tisch werden von einer zentralen Steuerungseinheit 9 gesteuert.

30

Figur 2 zeigt schematisch ein großes Bearbeitungsfeld 3 mit groben Leiterbahnstrukturen 31 sowie ein innerhalb des Bearbeitungsfeldes 3 angeordnetes kleines Bearbeitungsfeld 4 mit feinen Leiterstrukturen 41. Erfindungsgemäß werden sowohl die groben Strukturen 31 als auch die feinen Strukturen 41 mit Hilfe der beiden Laser 11 und 21 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnen.

35

Die einzelnen Verfahrensschritte sind anhand der Figuren 3 bis 6 zu verfolgen. In diesen Figuren ist ein Schnitt durch einen Abschnitt einer Leiterplatte 1 gezeigt, welche beispielsweise zwei übereinanderliegende leitende Schichten 5 und 6 aufweist, die durch eine Dielektrikumsschicht 7 voneinander getrennt sind. Wie in Figur 3 zu sehen ist, ist die innere Schicht 5 bereits strukturiert, und die äußere leitende Schicht 6 ist über Bohrungen bzw. Ausnehmungen 8 in der Dielektrikumsschicht 7 partiell mit der inneren leitenden Schicht 5 verbunden.

Zur Strukturierung der leitenden Schicht 6 wird nunmehr sowohl im Bereich des Bearbeitungsfeldes 3 als auch im Bereich des Bearbeitungsfeldes 4 eine Ätzresistschicht 61 aufgebracht, die beispielsweise aus Zinn besteht. Im Bereich der gewünschten groben Leiterbahnstruktur 3 wird nun mit Laserstrahlen 14 von dem ersten Laser 11 die Ätzresistschicht 61 dort abgetragen, wo keine leitenden Flächen bzw. Leiterbahnen entstehen sollen, d.h. wo Isolationsabstände gewünscht werden. Somit werden die Bereiche 62 freigelegt, wie dies in Figur 4 zu sehen ist. Danach werden mit den Laserstrahlen 24 des zweiten Lasers 2 ausgewählte Isolations-Bereiche des zweiten Bearbeitungsfeldes 4 partiell derart bestrahlt, daß die für die feinen Leiterstrukturen nicht erwünschten Bereiche der Metallschicht 6 freigelegt werden. Mit den derart erzeugten Ausnehmungen 63 entsteht eine Struktur gemäß Figur 5.

Danach wird die gesamte Leiterplatte geätzt, wodurch die unterhalb der Bereiche 62 und 63 freigelegten Bereiche der Metallschicht 6 weggeätzt werden, so daß eine Struktur gemäß Figur 6 mit groben Leiterstrukturen 31 und feinen Leiterstrukturen 41 entsteht.

In einer Draufsicht gemäß Figur 7 ist gezeigt, wie die Größenverhältnisse der groben Leiterstrukturen und der feinen Leiterstrukturen sich unterscheiden. Die groben Leiterstrukturen besitzen Leiterbahnbreiten in der Größenordnung von

100 μm , während die feinen Leiterbahnstrukturen Leiterbahnbreiten und entsprechende Abstände in der Größenordnung von 50 μm aufweisen. Die Grenze zwischen beiden Bereichen liegt etwa bei 75 μm .

5

Eine Auswahl der jeweiligen Laser für die Grobstrukturierung und für die Feinstrukturierung läßt sich anhand des Diagramms von Figur 8 treffen. Dort ist gezeigt, welche Mindestabstände zwischen den Leiterbahnen durch die Bearbeitung mit dem jeweiligen Laser und das anschließende Ätzen entstehen, wobei diese Grabenbreite aufgrund der zwangsläufigen Unterätzung auch noch von der Stärke der Kupferschicht abhängt. Für jeden Lasertyp ist zusätzlich angegeben, wie sich die Einstellung der Brennweite, von der die Feldgröße des Bearbeitungsfeldes abhängt, auf die Grabenbreite auswirkt. So erhält man beispielsweise mit einem Infrarot-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm bei einer Kupferschicht von 7 μm durch das anschließende Ätzen eine Grabenbreite von etwa 28 μm , während man mit dem gleichen Laser bei einer Kupferschicht von 20 μm eine Grabenbreite von 50 μm erhält, dies alles unter der Voraussetzung, daß die Brennweite des Lasers auf eine Feldgröße von 25 x 25 mm² eingestellt ist. Stellt man den gleichen Laser auf ein Feld von 150 x 150 mm² ein, so werden die geätzten Gräben zwischen den Leiterbahnen bereits mindestens 100 bis 120 μm breit, je nach Stärke der Kupferschicht. Bei dieser letzteren Einstellung erhält man allerdings eine wesentlich höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit, wie sich dies aus der durchgezogenen Linie mit der Geschwindigkeitsskala auf der rechten Seite des Diagramms ergibt. Mit den Lasern kürzerer Wellenlängen, 532 nm bzw. 355 nm, erhält man entsprechend kleinere Grabenbreiten für gewünschte Feinstrukturen, jedoch auch mit einer geringeren Bearbeitungsgeschwindigkeit, wie anhand der gestrichelten und der strichpunktierten Linie erkennbar ist.

35

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strukturierung von Leiterplatten (1) mit groben Leiterstrukturen (31) und mit mindestens einem Bereich (4) mit feinen Leiterstrukturen (41) mit folgenden Schritten:
- 5 (4) mit feinen Leiterstrukturen (41) mit folgenden Schritten:
- a) auf ein elektrisch isolierendes Substrat (7) wird eine Metallschicht (6) aufgebracht,
- b) auf die Metallschicht (6) wird eine Ätzresistschicht (61) aufgetragen,
- 10 c) durch partielles Abtragen der Ätzresistschicht (61) mit einem ersten Laserstrahl (14) einer vorgegebenen ersten Wellenlänge und einer durch eine erste Abbildungseinheit (13) vorgegebenen ersten Bearbeitungs-Feldgröße (3) werden die Konturen (62) der vorgesehenen groben Leiterstrukturen (31) freigelegt,
- 15 d) durch partielles Abtragen der Ätzresistschicht (61) mit einem zweiten Laserstrahl (24) einer vorgegebenen zweiten Wellenlänge und einer durch eine zweite Abbildungseinheit (23) vorgegebenen zweiten Bearbeitungs-Feldgröße (4) werden die Konturen (63) der feinen Leiterstrukturen freigelegt, wobei die zweite Wellenlänge kleiner ist als die erste Wellenlänge und/oder die zweite Feldgröße (4) kleiner ist als die erste Feldgröße (3),
- 20 e) durch Ätzen der freigelegten Metallbereiche (62,67) werden die groben und die feinen Leiterstrukturen (31,41) gleichzeitig erzeugt und
- 25 f) durch Abtragen der restlichen Ätzresistschicht (61) werden die Oberflächen der Leiterstrukturen (31,41) freigelegt.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Laserstrahl (14) des ersten Lasers (11) eine Wellenlänge zwischen 1064 nm und 355 nm und der Laserstrahl (24) des zweiten Lasers (21) eine Wellenlänge zwischen 532 nm und 266 nm aufweist, wobei die Wellenlänge des zweiten Laserstrahls (24) in
- 35 jedem Fall gleich oder kleiner ist als die des ersten Laserstrahls (14).

3. Verfahren nach Anspruch 2,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der erste
 Laserstrahl eine Wellenlänge von 1064 nm und der zweite La-
 serstrahl eine Wellenlänge von 532 oder 355 nm aufweist.

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der erste
 Laser (11) eine optische Abbildungseinheit (13) aufweist, die
 eine größere Brennweite (15) erzeugt als die optische Abbil-
 10 dungseinheit (23) des zweiten Lasers (12).

5. Einrichtung zur Strukturierung von Leiterplatten (1) mit
 groben Leiterstrukturen (31) und mit mindestens einem Bereich
 (4) mit feinen Leiterstrukturen (41), welche folgende Merkma-
 15 le aufweist:

- a) eine Aufnahme (10) zur Positionierung einer Leiterplatte
 (1),
- b) einen ersten Laser (11) mit einer Ablenkoptik (12) und ei-
 ner Abbildungseinheit (13) mit einer ersten Brennweite
 20 (15), die über der Leiterplattenoberfläche derart positio-
 nierbar ist, daß sie eine erste Bearbeitungsfeldgröße (3)
 zu bestrahlen vermag,
- c) einen zweiten Laser (21) mit einer Ablenkoptik (22) und
 einer Abbildungseinheit (23) mit einer derartigen zweiten
 25 Brennweite (25), daß der Laser eine zweite Bearbeitungs-
 feldgröße (4) zu bestrahlen vermag, wobei der zweite Laser
 (11) eine kleinere Wellenlänge als der erste Laser (12)
 aufweist und/oder wobei die zweite Brennweite (25) und die
 zweite Feldgröße (4) kleiner sind als die erste Brennweite
 30 (15) und die erste Feldgröße (3), und
- d) eine Steuerungseinrichtung (9), um mit dem ersten Laser
 (11) jeweils große Felder (3) der Leiterplatte (1) mit
 groben Leiterstrukturen (31) und mit dem zweiten Laser
 (12) kleinere Felder (4) der Leiterplatte mit feineren
 35 Leiterstrukturen (41) zu bestrahlen.

6. Einrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß der erste
Laser eine Wellenlänge zwischen 1064 nm und 355 nm und der
zweite Laser (12) eine Wellenlänge zwischen 532 und 266 nm
5 aufweist, daß die erste Feldgröße zwischen $150 \times 150 \text{ mm}^2$ und
 $50 \times 80 \text{ mm}^2$ beträgt und die zweite Feldgröße zwischen $100 \times$
 100 mm^2 und $25 \times 25 \text{ mm}^2$ beträgt.

Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zur Strukturierung von Leiterplatten

5

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden sowohl für grobe Leiterstrukturen (31) vorgesehene Bereiche (3) einer Leiterplatte (1) als auch für feinere Leiterstrukturen (41) der Leiterplatte (1) vorgesehene Bereiche jeweils durch Laserbearbeitung strukturiert. Dabei werden beide Bereiche (3,4) zunächst mit einer durchgehenden Metallisierungsschicht überzogen und mit einem Ätzresist bedeckt. Die groben Leiterstrukturen werden mit einem Laserstrahl (14) größerer Wellenlänge durch Freilegen der nicht benötigten Metalloberflächen vorgegeben. Außerdem werden die feinen Leiterstrukturen durch Bearbeiten des Ätzresists mit einem Laserstrahl (24) kleinerer Wellenlänge ebenfalls vorgeformt. Danach werden in einem gemeinsamen Ätzprozeß alle freigelegten Oberflächenbereiche der Metallschicht weggeätzt, so daß lediglich die von dem verbleibenden Ätzresist bedeckten groben und feinen Leiterbahnstrukturen stehen bleiben. Durch Entfernen des restlichen Ätzresists liegen dann die Oberflächen der erzeugten Leiterbahnen frei.

25 FIG 1